



# Circuit layout for controlling an electric fuel pump has an electric fuel pump in a fuel tank to feed fuel to a high-pressure pump linked to fuel injection valves and a signal-controlled motorized control for delivery power

**Patent number:** DE10137315  
**Publication date:** 2003-02-20  
**Inventor:** WACHTENDORF AXEL (DE); KAHLERT ANDREAS (DE); RITSCHEL MICHAEL (DE); SCHILLING RALF (DE)  
**Applicant:** VOLKSWAGENWERK AG (DE)  
**Classification:**  
 - international: F02M37/10  
 - european: F02D41/30D; F02D41/38C6; F02D41/40P  
**Application number:** DE20011037315 20010731  
**Priority number(s):** DE20011037315 20010731

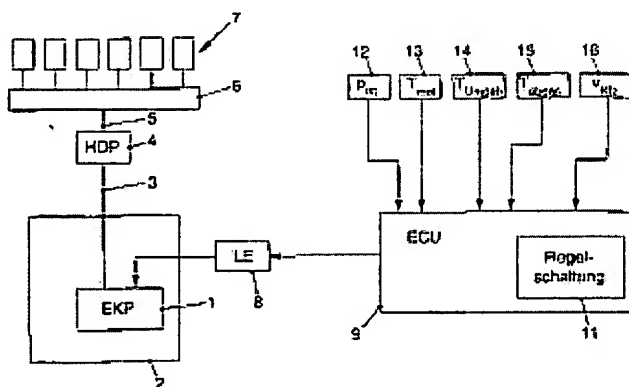
Also published as:

 WO03012274 (A1)  
 EP1415077 (A1)

Report a data error here

## Abstract of DE10137315

In a control circuit (11) there is a pressure-detecting circuit (17), as well as a PID regulator (20) and an interface circuit (22). A temperature model circuit (18) determines highest temperature ( $T_{max}$ ) in a fuel delivery system. A pressure-determining circuit (19) determines scheduled fuel pressure ( $P_{soll}$ ) based on maximum temperature. A separate circuit (21) also generates control signals. An Independent claim is also included for a method for controlling an electric fuel pump in a non-return fuel delivery system.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**This Page Blank (uspto)**



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 37 315 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 M 37/10**

⑲ Aktenzeichen: 101 37 315.5  
⑳ Anmeldetag: 31. 7. 2001  
㉔ Offenlegungstag: 20. 2. 2003

**DE 101 37 315 A 1**

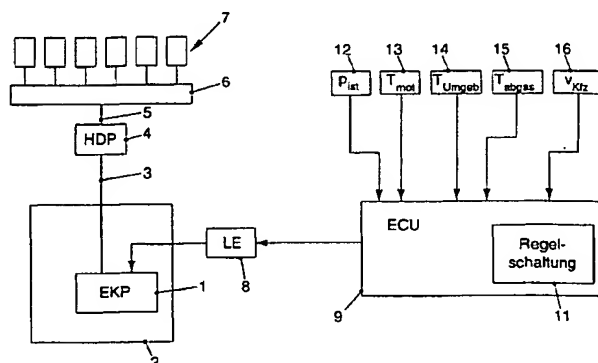
⑦ Anmelder:  
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE  
  
⑦A Vertreter:  
Patent- und Rechtsanwälte Kraus & Weisert, 80539  
München

⑦B Erfinder:  
Wachtendorf, Axel, 38321 Denkte, DE; Kahlert,  
Andreas, 38448 Wolfsburg, DE; Ritschel, Michael,  
38118 Braunschweig, DE; Schilling, Ralf, 49477  
Ibbenbüren, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤A Schaltungsanordnung und Verfahren zur Regelung einer elektrischen Kraftstoffpumpe in einem rücklauffreien Kraftstoff-Fördersystem

⑤B Die Erfindung bezieht sich auf eine Schaltungsanordnung zur Regelung einer elektrischen Kraftstoffpumpe in einem rücklauffreien Kraftstoff-Fördersystem, mit einer elektrischen Kraftstoffpumpe (1), die in einem Kraftstoff-tank (2) angeordnet ist, zum Fördern von Kraftstoff aus dem Kraftstofftank in eine erste Kraftstoffleitung (3) zu einer Hochdruckpumpe (4), welche über eine zweite Kraftstoffleitung (5) mit Kraftstoff-Einspritzventilen (7) verbunden ist; einer Motorsteuerung (9) zur Regelung der Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe (1); und einer Regelschaltung (11), die vorzugsweise in der Motorsteuerung (9) integriert ist, zur Bestimmung der erforderlichen Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe (1) und Ausgabe eines der bestimmten erforderlichen Förderleistung entsprechenden Steuersignals an die Motorsteuerung (9). Die Schaltungsanordnung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Regelschaltung (11) eine Temperaturmodellschaltung (18) zur Bestimmung der höchsten im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Temperatur ( $T_{max}$ ) aufweist, um die erforderliche Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe (1), basierend auf der so bestimmten höchsten im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Temperatur, zu regeln.



**DE 101 37 315 A 1**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Regelung einer elektrischen Kraftstoffpumpe bzw. der Förderleistung einer elektrischen Kraftstoffpumpe in einem rücklauffreien Kraftstoff-Fördersystem nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 sowie ein Verfahren zur Regelung einer elektrischen Kraftstoffpumpe in einem rücklauffreien Kraftstoff-Fördersystem nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 7.

[0002] Ein herkömmliches Kraftstoff-Fördersystem enthält eine elektrische Kraftstoffpumpe, die in einem Kraftstofftank angeordnet ist und Kraftstoff aus dem Kraftstofftank in eine erste Kraftstoffleitung zu einer Hochdruckpumpe fördert, welche über eine weitere Kraftstoffleitung mit mehreren Kraftstoff-Einspritzventilen verbunden ist. Die Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe wird über eine Motorsteuerung geregelt, die eine Regelschaltung enthält bzw. mit einer Regelschaltung verbunden ist, welche die erforderliche Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe bestimmt und ein entsprechendes Steuersignal an die Motorsteuerung ausgibt.

[0003] Bei rücklauffreien Kraftstoff-Fördersystemen, d. h. bei Kraftstoff-Fördersystemen, die keine Rücklaufleitung für überschüssigen Kraftstoff oder Dampfblasen im Kraftstoff von einer den Kraftstoff-Einspritzventilen vorgeschalteten Kraftstoff-Einspritzleiste in die Kraftstoffleitung aus dem Kraftstofftank bzw. in den Kraftstofftank aufweisen, besteht das Problem, daß der überschüssige Kraftstoff oder die Dampfblasen die ordnungsgemäße Versorgung der Kraftstoff-Einspritzventile gefährden.

[0004] Zur Vermeidung dieses Problems ist es beispielsweise aus der EP 0 713 968 B1 bekannt, die Kraftstoff-Einspritzleiste eines rücklauffreien Kraftstoff-Fördersystems mit einem Sammelraum für Kraftstoff-Dampfblasen zu versehen, aus dem die Dampfblasen in die Kraftstoffzuleitung der Kraftstoff-Einspritzleiste zurückgeführt werden.

[0005] Weiter offenbart die DE 43 35 866 C2 ein rücklauffreies Kraftstoff-Fördersystem, bei dem die elektrische Kraftstoffpumpe mit veränderlicher Geschwindigkeit antreibbar ist, um den Kraftstoffdruck in dem Kraftstoff-Fördersystem den aktuellen Betriebsbedingungen anzupassen. Hierzu sind ein Differenzdrucksensor zum Ermitteln der Kraftstoffdruckdifferenz zwischen dem Motoreinlaßsaugrohrunterdruck und dem Kraftstoffdruck in der Einspritzleiste und ein Temperatursensor zum Überwachen der Temperatur des Kraftstoffs in der Kraftstoff-Einspritzleiste vorgesehen, so daß die Pumpgeschwindigkeit der Kraftstoffpumpe entsprechend der ermittelten Kraftstoffdruckdifferenz und der Kraftstofftemperatur eingestellt werden kann.

[0006] Auch bei Kraftstoff-Fördersystemen mit Rücklaufleitung ist die Steuerung der Kraftstoff-Zumessung in Abhängigkeit von den aktuellen Betriebsbedingungen im Fördersystem üblich. Bei dem Kraftstoff-Fördersystem der DE 195 36 109 A1 werden zum Beispiel die Temperatur und der Druck in den Brennräumen der Brennkraftmaschine sowie der Kraftstoffdruck in der Kraftstoff-Einspritzleiste überwacht. Weiter sind einige Kraftstoff-Fördersysteme bekannt (z. B. DE 195 47 644 A1 und DE 198 41 533 A1), bei denen die Kraftstoff-Zumessung der Kraftstoff-Einspritzventile in Abhängigkeit von der Temperatur und/oder dem Druck des Kraftstoffs geregelt wird.

[0007] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein rücklauffreies Kraftstoff-Fördersystem bereitzustellen, das kontinuierlich variabel an die Betriebsbedingungen anpaßbar ist. Insbesondere sollen eine Schaltungsanordnung und ein Verfahren zur Regelung einer elektrischen Kraftstoffpumpe in einem solchen rücklauffreien Kraftstoff-För-

dersystem geschaffen werden, deren Förderleistung jederzeit optimal auf die Betriebsbedingungen abgestimmt ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine Schaltungsanordnung mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 bzw. ein Verfahren mit den Merkmalen von Patentanspruch 7 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0009] Die Schaltungsanordnung zur Regelung einer elektrischen Kraftstoffpumpe in einem rücklauffreien Kraftstoff-Fördersystem gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine elektrische Kraftstoffpumpe auf, die in einem Kraftstofftank angeordnet ist und Kraftstoff aus dem Kraftstofftank in eine erste Kraftstoffleitung zu einer Hochdruckpumpe fördert, welche über eine zweite Kraftstoffleitung mit mehreren Kraftstoff-Einspritzventilen verbunden ist. Die Schaltungsanordnung enthält weiter eine Motorsteuerung zur Regelung der Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe, welche eine Regelschaltung zur Bestimmung der erforderlichen Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe und Ausgabe eines der bestimmten erforderlichen Förderleistung entsprechenden Steuersignals enthält oder mit einer solchen Regelschaltung verbunden ist. Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung bzw. das erfindungsgemäße Verfahren zeichnen sich dadurch aus, daß die erforderliche Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe basierend auf einer höchsten im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Temperatur geregelt wird, welche mittels einer Temperaturmodellschaltung der Regelschaltung bestimmt wird.

[0010] Indem die erforderliche Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe basierend auf der maximalen Kraftstofftemperatur im Kraftstoff-Fördersystem und nicht wie bei bekannten Systemen basierend auf der Kraftstofftemperatur an einer vorgegebenen Stelle im Kraftstoff-Fördersystem bestimmt wird, wird gewährleistet, daß der Kraftstoffdruck an keiner Stelle im Fördersystem den Grenzdruck überschreitet und sich Kraftstoff-Dampfblasen bilden können, welche die ordnungsgemäße Versorgung der Kraftstoff-Einspritzventile gefährden können. Durch die derart optimale Anpassung der Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe an die Betriebsbedingungen können in vorteilhafter Weise auch die Leistungsaufnahme der elektrischen Kraftstoffpumpe sowie der Kraftstoffverbrauch gesenkt werden.

[0011] Im bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die höchste im Kraftstoff-Fördersystem vorhandene Temperatur basierend auf einer Motortemperatur, einer Umgebungstemperatur und einer Fahrzeuggeschwindigkeit ( $v_{kfz}$ ) bestimmt, welche der Regelschaltung von entsprechenden Sensoren zugeführt werden. Vorzugsweise wird bei der Bestimmung der höchsten im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Temperatur außerdem eine Kühlwirkung durch die das Kraftstoff-Fördersystem umströmende Luft und/oder der Betriebszustand des Motors berücksichtigt.

[0012] Die erforderliche Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe wird dann basierend auf dem erforderlichen Kraftstoffdruck im Kraftstoff-Fördersystem, welcher aus der bestimmten höchsten im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Temperatur berechnet wird, sowie dem aktuell im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Kraftstoffdruck bestimmt.

[0013] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

[0014] Fig. 1 das Blockschaltbild der Schaltungsanordnung der elektrischen Kraftstoffpumpe gemäß der vorliegenden Erfindung; und

[0015] Fig. 2 das Blockschaltbild der Regelschaltung, die

in der Schaltungsanordnung von Fig. 1 eingesetzt wird.

[0016] In Fig. 1 ist zunächst in schematischer Darstellung ein rücklauffreies Kraftstoff-Fördersystem mit einer in einem Kraftstofftank 2 eines Kraftfahrzeugs angeordneten elektrischen Kraftstoffpumpe (EKP) 1 dargestellt. Die Kraftstoffpumpe 1 fördert den Kraftstoff aus dem Kraftstofftank 2 über eine erste Kraftstoffleitung 3 und ein Ventil (nicht dargestellt) zu einer Hochdruckpumpe (HDP) 4. Über eine zweite Kraftstoffleitung 5 führt die Hochdruckpumpe 4 den Kraftstoff mit einem Druck von üblicherweise größer als 800 bar einer Kraftstoff-Einspritzleiste 6 zu. Diese Kraftstoff-Einspritzleiste 6, häufig auch als Rail bezeichnet, versorgt mehrere Kraftstoff-Einspritzventile 7 einer Brennkraftmaschine (nicht dargestellt) mit dem Kraftstoff. Die Kraftstoff-Einspritzventile 7 werden in üblicher Weise in Abhängigkeit von verschiedenen Betriebsbedingungen angesteuert.

[0017] Die Aufgabe der elektrischen Kraftstoffpumpe 1 ist die ausreichende Versorgung der Hochdruckpumpe 4 mit Kraftstoff. Darüber hinaus muß sichergestellt werden, daß der Kraftstoff in den Kraftstoffleitungen 3, 5 auf der Niederdruckseite sowie der Versorgungsseite der Hochdruckpumpe 4 nicht in die gasförmige Phase übergeht. Dies wird über die Einstellung des Kraftstoffdrucks geregelt.

[0018] Das in Fig. 1 dargestellte Kraftstoff-Fördersystem weist keine Rücklaufleitung von der Kraftstoff-Einspritzleiste 6 in den Kraftstofftank 2 auf. Es ist deshalb erforderlich, zur Regelung des Kraftstoffdrucks die Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe 1 der aktuellen Kraftstoffentnahme durch die Einspritzventile 7 anzupassen. Der Betriebspunkt und die daraus resultierende Leistungsaufnahme der elektrischen Kraftstoffpumpe 1 wird durch die Größen Kraftstoffdruck und Kraftstofffördermenge festgelegt. Regelausschweichungen zwischen Soll- und Ist-Kraftstoffdruck  $p_{soll}$ ,  $p_{ist}$  in der Kraftstoffleitung 3 können verringert werden, indem die erforderliche Kraftstofffördermenge und der erforderliche Kraftstoffdruck in die Berechnung des Betriebspunkts der elektrischen Kraftstoffpumpe 1 einfließen. Somit können Druckabweichungen über den maximal zulässigen Druck in den Kraftstoffleitungen und unter den minimalen Dampfdruckpunkt, bei dem der Kraftstoff noch in der flüssigen Phase vorliegt, verhindert werden.

[0019] Das rücklauffreie Kraftstoff-Fördersystem muß ohne einen nennenswerten Spüleffekt von warmem mit kaltem Kraftstoff auf der Niederdruckseite der Hochdruckpumpe 4 auskommen. Dies führt zu einem relativ hohen Temperaturniveau in der Kraftstoffleitung 5 im motornahen Bereich. Der eingestellte Kraftstoffdruck muß diesen Effekt berücksichtigen. Insbesondere während und nach einem Heißstartvorgang muß für einen Zeitraum ein entsprechendes Druckniveau gehalten werden, um sicherzustellen, daß keine Dampfblasen in den Kraftstoffleitungen 3, 5 entstehen.

[0020] Die in dem Kraftstofftank 2 montierte und in den Kraftstoff eintauchende Kraftstoffpumpe 1 besteht aus einem Gleichstrommotor als Antrieb und einer Strömungspumpe als Fördereinheit. Die elektrische Kraftstoffpumpe 1 wird von einer Leistungsendstufe (LE) 8 mit Spannung versorgt, die eine kontinuierliche variable Einstellung der Förderleistung der Kraftstoffpumpe 1 ermöglicht. Das Steuersignal der Leistungsendstufe 8 ist ein pulswidenmoduliertes (PWM-)Spannungssignal, wobei mit der Pulsweite die an der Kraftstoffpumpe 1 effektiv anliegende Spannung eingestellt werden kann.

[0021] Der Leistungsendstufe 8 wird als Eingangssignal ein PWM-Signal von einer Motorsteuerung (Electronic Control Unit – ECU) 9 zugeführt. Die Leistungsendstufe 8 steuert die elektrische Kraftstoffpumpe 1 entsprechend die-

sem Eingangssignal der Motorsteuerung 9 an. In der Motorsteuerung 9 ist eine Regelschaltung 11 integriert, welche über einen geeigneten Regelalgorithmus die erforderliche Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe 1 berechnet und ein entsprechendes Steuersignal 10 ausgibt. Alternativ kann auch eine separate Regelschaltung 11 vorgesehen sein, die mit der Motorsteuerung 9 verbunden ist. Die Motorsteuerung 9 dient üblicherweise auch der Steuerung der Hochdruckpumpe 4 und der Kraftstoff-Einspritzventile 7. [0022] Zur Berechnung der erforderlichen Förderleistung der Kraftstoffpumpe 1 stellt die Motorsteuerung 9 der Regelschaltung 11 verschiedene Meßwerte des Systems zur Verfügung. Hierzu ist die Motorsteuerung 9 mit einem Drucksensor 12 verbunden, der den Kraftstoffdruck  $p_{ist}$  in der Kraftstoffleitung 3 auf der Niederdruckseite zwischen dem Kraftstofffilter (nicht dargestellt) und der Hochdruckpumpe 4 mißt. Weiter ist die Motorsteuerung 9 mit einem ersten Temperatursensor 13 zur Erfassung der Motortemperatur  $T_{mot}$ , einem zweiten Temperatursensor 14 zur Erfassung der Umgebungstemperatur  $T_{umgeb}$ , einem dritten Temperatursensor 15 zur Erfassung der Abgastemperatur  $T_{abgas}$  nach dem Hauptkatalysator und einer Einrichtung 16 zur Erfassung der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_{kfz}$  gekoppelt.

[0023] Der Aufbau und die Funktionsweise der Regelschaltung 11 der Motorsteuerung 9 werden nachfolgend anhand von Fig. 2 näher erläutert.

[0024] Die Regelschaltung 11 des in Fig. 2 gezeigten bevorzugten Ausführungsbeispiels weist im wesentlichen eine Druckerfassungsschaltung 17, eine Temperaturmodellschaltung 18 zur Bestimmung der höchsten in dem Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Temperatur  $T_{max}$ , eine Druckbestimmungsschaltung 19 zur Bestimmung des Kraftstoffsolldrucks  $p_{soll}$  auf der Basis der maximalen Temperatur  $T_{max}$ , einen PID-Regler 20, eine Steuersignal-Erzeugungsschaltung 21 und optional eine Anpassungsschaltung 22 auf.

[0025] Der Druckerfassungsschaltung 17 wird der Spannungswert des Drucksensors 12 zugeführt, der den Kraftstoffdruck auf der Niederdruckseite der Hochdruckpumpe 4 mißt. Der eingelesene Spannungswert wird zunächst mit Hilfe der Kalibrierungskennlinie des Drucksensors 12 in einen Druckwert umgerechnet. Anschließend wird dieser Druckwert tiefpaßgefiltert, um hochfrequente Störungen zu korrigieren, die insbesondere bei aktiver Hochdruckpumpe 4, d. h. bei aufgebautem Hochdruck in der zweiten Kraftstoffleitung 5 auftreten. Die Filterzeitkonstante des Tiefpaßfilters muß dabei so gewählt werden, daß die von der Hochdruckpumpe 4 erzeugten Schwingungen gedämpft werden. Je nach Art der verwendeten Hochdruckpumpe 4 und je nach deren Betriebszustand (aktiv – passiv) wird eine vorgegebene Zeitkonstante des Tiefpaßfilters verwendet. Das Ausgangssignal der Druckerfassungsschaltung 17, der Istdruck im Kraftstoff-Fördersystem  $p_{ist}$ , wird dem Regler 20 zugeleitet. Wahlweise kann von der Druckerfassungsschaltung 17 zusätzlich auch ein ungefilterter Istdruck des Kraftstoff-Fördersystems ausgegeben werden.

[0026] In der Temperaturmodellschaltung 18 wird die höchste Temperatur im Kraftstoff-Fördersystem  $T_{max}$  berechnet bzw. modelliert. Hierzu werden der Temperaturmodellschaltung 18 von den entsprechenden Sensoren 13–16 die Werte für die Motortemperatur  $T_{mot}$ , die Umgebungstemperatur  $T_{umgeb}$ , die Abgastemperatur  $T_{abgas}$  nach dem Hauptkatalysator und die Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_{kfz}$  als Eingangssignale zugeführt.

[0027] Die Modelltemperatur  $T_{max}$  setzt auf der Motortemperatur  $T_{mot}$  auf. Bei einer großen Temperaturdifferenz zwischen der Motortemperatur und der Umgebungstemperatur  $T_{umgeb}$  kann man davon ausgehen, daß die Kühlwirkung durch die um die Hochdruckpumpe 4 und das übrige

Kraftstoff-Fördersystem strömende Luft relativ groß ist. Hierbei legt die Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_{kfz}$  fest, wie groß der Luftaustausch und damit die Kühlwirkung durch die Luft ausfällt. Deshalb wird von der Motortemperatur  $T_{mot}$  die mit einem Korrekturfaktor  $k$  multiplizierte Temperaturdifferenz zwischen Umgebungstemperatur und Motortemperatur ( $T_{mot} - T_{umgeb}$ ) abgezogen, wobei der Korrekturfaktor  $k$  um so größer gewählt wird, je größer die Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_{kfz}$  und je niedriger die Umgebungstemperatur  $T_{umgeb}$  sind. Zur Berechnung der gesuchten höchsten Systemtemperatur  $T_{max}$  wird außerdem berücksichtigt, daß es bei geringem Kraftstoffbedarf des Motors auf der Niederdruckseite der Hochdruckpumpe 4 zu einer Temperaturerhöhung kommt, weil eine vom Motor nicht benötigte Kraftstoffmenge vom Mengensteuerventil (nicht dargestellt) der Hochdruckpumpe 4 zurückgeleitet und wieder entspannt wird und diese entspannte Kraftstoffmenge bei diesem Prozeß einen Temperatureintrag erfahren hat. Weiter wird der Betriebszustand des Motors (betriebswarm-kalt) in der Zeitkonstante einer Tiefpaßfilterung des Temperaturwertes berücksichtigt. Als Ergebnis der Tiefpaßfilterung erhält man die Maximaltemperatur  $T_{max}$  im Kraftstoff-Fördersystem. [0028] Darüber hinaus wird in der Temperaturmodellschaltung 18 auch die Kraftstofftemperatur im Tank 2  $T_{tank}$  berechnet. Prinzipiell wird davon ausgegangen, daß der Kraftstoff im Tank 2 die gleiche Temperatur wie die Umgebung  $T_{umgeb}$  hat. Allerdings findet ein Temperatureintrag  $T_{abgas}$  in den Kraftstofftank 2 durch die Abgasanlage statt. Die hierdurch bedingte Temperaturerhöhung wird bei der Berechnung der Kraftstofftemperatur im Tank  $T_{tank}$  berücksichtigt.

[0029] Die in der Temperaturmodellschaltung 18 berechnete Maximaltemperatur  $T_{max}$  wird in der Druckbestimmungsschaltung 19 dazu verwendet, den aktuell erforderlichen Mindestkraftstoffdruck im System festzulegen. Die Zuordnung des Mindestkraftstoffdrucks zu der berechneten Systemtemperatur  $T_{max}$  erfolgt über eine in der Druckbestimmungsschaltung 19 abgelegte Dampfdruckkurve, die dem im schlechtesten Fall anzunehmenden Kraftstoff entspricht.

[0030] Zur exakteren Abschätzung des erforderlichen Kraftstoffdrucks  $p_{soll}$  sind allerdings einige Korrekturen vorteilhaft. Bei hohen Motordrehzahlen und bei mittleren Kraftstofftemperaturen ist es notwendig, den Kraftstoffdruck auf der Niederdruckseite der Hochdruckpumpe 4 zu erhöhen, damit der Liefergrad der Hochdruckpumpe 4 nicht zu klein wird. Im Fall eines Heißstarts wird vorzugsweise auf einen fest vorgegebenen Solldruck umgeschaltet. Optional ist es auch möglich, die Solldruckermittlung anhand der maximalen Systemtemperatur  $T_{max}$  und der Motordrehzahl auszuschalten und einen konstanten Solldruck vorzugeben.

[0031] Zur Verbesserung der Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe 1 kann der so bestimmte Kraftstoffsolldruck mit einem vorgegebenen Kraftstoffsolldruck derart Maxgefiltert werden, daß beim Motorstart sowie in der Warmlaufphase auf den vorgegebenen Kraftstoffsolldruck umgeschaltet wird. Der vorgegebene Kraftstoffsolldruck ist dadurch definiert, daß beim Motorstart ein bestimmter Kraftstoffdruck vorgegeben werden muß, damit die Gemischbildung ordnungsgemäß arbeiten kann.

[0032] Der ausgewählte bestimmte oder vorgegebene Kraftstoffsolldruck wird durch zwei Grenzwerte des Kraftstoff-Fördersystems begrenzt und schließlich als Solldruck  $p_{soll}$  von der Druckbestimmungsschaltung 19 ausgegeben.

[0033] Der von der Druckbestimmungsschaltung 19 ermittelte Solldruck  $p_{soll}$  und der von der Druckerfassungsschaltung 17 ermittelte Istdruck  $p_{ist}$  werden dem PID-Regler 20 als Eingangsgrößen zugeführt und dort verglichen. Die

Gewichtung des I-Anteils des PID-Reglers 20 wird über eine Kennlinie der Motordrehzahl angepaßt, und die Addition des gewichteten P-Anteils und des gewichteten D-Anteils des PID-Reglers 20 werden als Reglerantwort ausgegeben.

[0034] Vorzugsweise detektiert der PID-Regler 20 zusätzlich den Betriebszustand der Schubabschaltung und setzt unter der Voraussetzung, daß der Istdruck  $p_{ist}$  den Solldruck  $p_{soll}$  übersteigt, den I-Anteil des PID-Reglers auf Null. Dies verhindert ein zu schnelles und ausgeprägtes Abfallen des I-Anteils und damit auch der Reglerantwort des PID-Reglers. Bei einer Kraftstoffanforderung im Anschluß an eine Schubabschaltung kann mit dieser Maßnahme ein Druckabfall vermieden werden.

[0035] Der I-Anteil des PID-Reglers 20 kann in einer Anpassungsschaltung 22 für eine Anpassung genutzt werden. Ziel der Anpassung ist es, die Toleranzlage und die Lifetime-Veränderung der elektrischen Kraftstoffpumpe 1 auszugleichen. Der in der Anpassungsschaltung 22 berechnete Anpassungswert wird als nicht-flüchtiger Speicherwert an die Steuersignal-Erzeugungsschaltung 21 übergeben und braucht nicht vom PID-Regler 20 ausgeglichen werden.

[0036] In der Steuersignal-Erzeugungsschaltung 21 wird schließlich die aktuell erforderliche Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe 1 berechnet. Dazu werden der von der Druckbestimmungsschaltung 19 bestimmte Solldruck  $p_{soll}$  und die Reglerantwort zunächst gewichtet und zu einem Gesamtdruck addiert. Zusätzlich wird die aktuell eingespritzte Kraftstoffmenge in das Pumpenkennfeld eingelesen, das die Beziehung zwischen Druck und Fördermenge in Form der relativen Förderleistungsanforderung der elektrischen Kraftstoffpumpe 1 wiedergibt, so daß der Ausgabe- wert ein Relativwert ist, der sich auf 100% Förderleistung bezieht. Zusätzlich kann die relative Förderleistungsanforderung der Kraftstoffpumpe 1 mit der Kraftstofftemperatur im Tank 2 korrigiert werden, die zuvor von der Temperaturmodellschaltung 18 bestimmt worden ist.

[0037] Die so von der Regelschaltung 11 ermittelte relative Förderleistungsanforderung der Kraftstoffpumpe wird in ein PWM-Steuersignal umgesetzt, das außerdem auf die Leistungsendstufe 8 kalibriert ist. Das Steuersignal wird an den Ausgang der Motorsteuerung 9 gegeben und der Leistungsendstufe 8 zur entsprechenden Ansteuerung der elektrischen Kraftstoffpumpe 1 zugeführt.

[0038] Das erfindungsgemäße System zeichnet sich dadurch aus, daß die Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe der maximalen Kraftstofftemperatur im Kraftstoff-Fördersystem unter Berücksichtigung einiger vorgegebener und meßbarer Parameter angepaßt wird. Hierdurch wird im Gegensatz zu vorbekannten rücklauffreien Kraftstoff-Fördersystem jederzeit die Verhinderung der Bildung von Dampfblasen in den Kraftstoffleitungen gewährleistet.

[0039] Außerdem kann, da die Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe jederzeit optimal an die aktuellen Betriebszustände bzw. -bedingungen angepaßt wird, eine Einsparung der Stromaufnahme der elektrischen Kraftstoffpumpe sowie eine Einsparung des Kraftstoffverbrauchs erreicht werden. Die elektrische Kraftstoffpumpe ist kontinuierlich mit variabler Förderleistung antreibbar und gewährleistet so jederzeit eine optimale Versorgung der Hochdruckpumpe und damit der Kraftstoff-Einspritzventile mit der erforderlichen Kraftstoffmenge.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 elektrische Kraftstoffpumpe (EKP)
- 2 Kraftstofftank
- 3 Kraftstoffleitung Niederdruckseite

- 4 Hochdruckpumpe (HDP)
- 5 Kraftstoffleitung Hochdruckseite
- 6 Kraftstoff-Einspritzleiste
- 7 Kraftstoff-Einspritzventile
- 8 Leistungsendstufe (LE)
- 9 Motorsteuerung (ECU)
- 11 Regelschaltung
- 12 Drucksensor
- 13 erster Temperatursensor
- 14 zweiter Temperatursensor
- 15 dritter Temperatursensor
- 16 Einrichtung zur Geschwindigkeitserfassung
- 17 Druckerfassungsschaltung
- 18 Temperaturmodellschaltung
- 19 Druckbestimmungsschaltung
- 20 PID-Regler
- 21 Steuersignal-Erzeugungsschaltung
- 22 Anpassungsschaltung

## Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Regelung einer elektrischen Kraftstoffpumpe in einem rücklauffreien Kraftstoff-Fördersystem, mit einer elektrischen Kraftstoffpumpe (1), die in einem Kraftstofftank (2) angeordnet ist, zum Fördern von Kraftstoff aus dem Kraftstofftank in eine erste Kraftstoffleitung (3) zu einer Hochdruckpumpe (4), welche über eine zweite Kraftstoffleitung (5) mit mehreren Kraftstoff-Einspritzventilen (7) verbunden ist; und einer Motorsteuerung (9) zur Regelung der Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe (1), wobei die Motorsteuerung (9) eine Regelschaltung (11) zur Bestimmung der erforderlichen Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe (1) und Ausgabe eines der bestimmten erforderlichen Förderleistung entsprechenden Steuersignals enthält oder mit einer solchen Regelschaltung (11) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Regelschaltung (11) eine Temperaturmodellschaltung (18) zur Bestimmung der höchsten im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Temperatur ( $T_{max}$ ) aufweist, um die erforderliche Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe (1) basierend auf der so bestimmten höchsten im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Temperatur zu regeln.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperaturmodellschaltung (18) der Regelschaltung (11) mit einem ersten Temperatursensor (13) zur Erfassung der Motortemperatur ( $T_{mot}$ ), einem zweiten Temperatursensor (14) zur Erfassung der Umgebungstemperatur ( $T_{umgeb}$ ) und einer Einrichtung (16) zur Erfassung der Fahrzeuggeschwindigkeit ( $v_{kfz}$ ) gekoppelt ist.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelschaltung (11) weiter eine Druckbestimmungsschaltung (19) zur Berechnung des erforderlichen Kraftstoffdrucks ( $p_{soll}$ ) aus der durch die Temperaturmodellschaltung (18) bestimmten höchsten im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Temperatur ( $T_{max}$ ) aufweist.
4. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelschaltung (11) mit einem Drucksensor (12) zur Erfassung des aktuell im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Kraftstoffdrucks ( $p_{ist}$ ) gekoppelt ist.
5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelschaltung (11) eine Steuersignal-Erzeugungsschaltung (21) aufweist, die auf

der Basis des aktuell im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Kraftstoffdrucks ( $p_{ist}$ ) und des von der Druckbestimmungsschaltung (19) berechneten erforderlichen Kraftstoffdrucks ( $p_{soll}$ ) ein der erforderlichen Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe (1) entsprechendes Steuersignal erzeugt.

6. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das der erforderlichen Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe (1) entsprechende Steuersignal ein pulswidenmoduliertes Spannungssignal ist.

7. Verfahren zur Regelung einer elektrischen Kraftstoffpumpe in einem rücklauffreien Kraftstoff-Fördersystem, das eine elektrische Kraftstoffpumpe (1) aufweist, die in einem Kraftstofftank (2) angeordnet ist und Kraftstoff aus dem Kraftstofftank in eine erste Kraftstoffleitung (3) zu einer Hochdruckpumpe (4) fördert, welche über eine zweite Kraftstoffleitung (5) mit mehreren Kraftstoff-Einspritzventilen (7) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß die erforderliche Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe (1) basierend auf einer höchsten im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Temperatur ( $T_{max}$ ) geregelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die höchste im Kraftstoff-Fördersystem vorhandene Temperatur ( $T_{max}$ ) basierend auf einer Motortemperatur ( $T_{mot}$ ), einer Umgebungstemperatur ( $T_{umgeb}$ ) und einer Fahrzeuggeschwindigkeit ( $v_{kfz}$ ) bestimmt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bestimmung der höchsten im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Temperatur ( $T_{max}$ ) eine Kühlwirkung durch die das Kraftstoff-Fördersystem umströmende Luft und/oder der Betriebszustand des Motors berücksichtigt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die erforderliche Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe (1) basierend auf dem erforderlichen Kraftstoffdruck ( $p_{soll}$ ) im Kraftstoff-Fördersystem, welcher aus der bestimmten höchsten im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Temperatur ( $T_{max}$ ) berechnet wird, bestimmt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Berechnung des erforderlichen Kraftstoffdrucks ( $p_{soll}$ ) der aktuelle Betriebszustand des Motors berücksichtigt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der aktuell im Kraftstoff-Fördersystem vorhandene Kraftstoffdruck ( $p_{ist}$ ) erfaßt und die erforderliche Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe (1) basierend auf dem aktuell im Kraftstoff-Fördersystem vorhandenen Kraftstoffdruck ( $p_{ist}$ ) bestimmt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bestimmung der erforderlichen Förderleistung der elektrischen Kraftstoffpumpe (1) die Kraftstofftemperatur ( $T_{tank}$ ) im Kraftstofftank (2) berücksichtigt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftstofftemperatur ( $T_{tank}$ ) im Kraftstofftank (2) basierend auf der Umgebungstemperatur ( $T_{umgeb}$ ) und unter Berücksichtigung der Abgastemperatur ( $T_{abgas}$ ) nach dem Hauptkatalysator bestimmt wird.

- Leerseite -

**This Page Blank (uspto)**



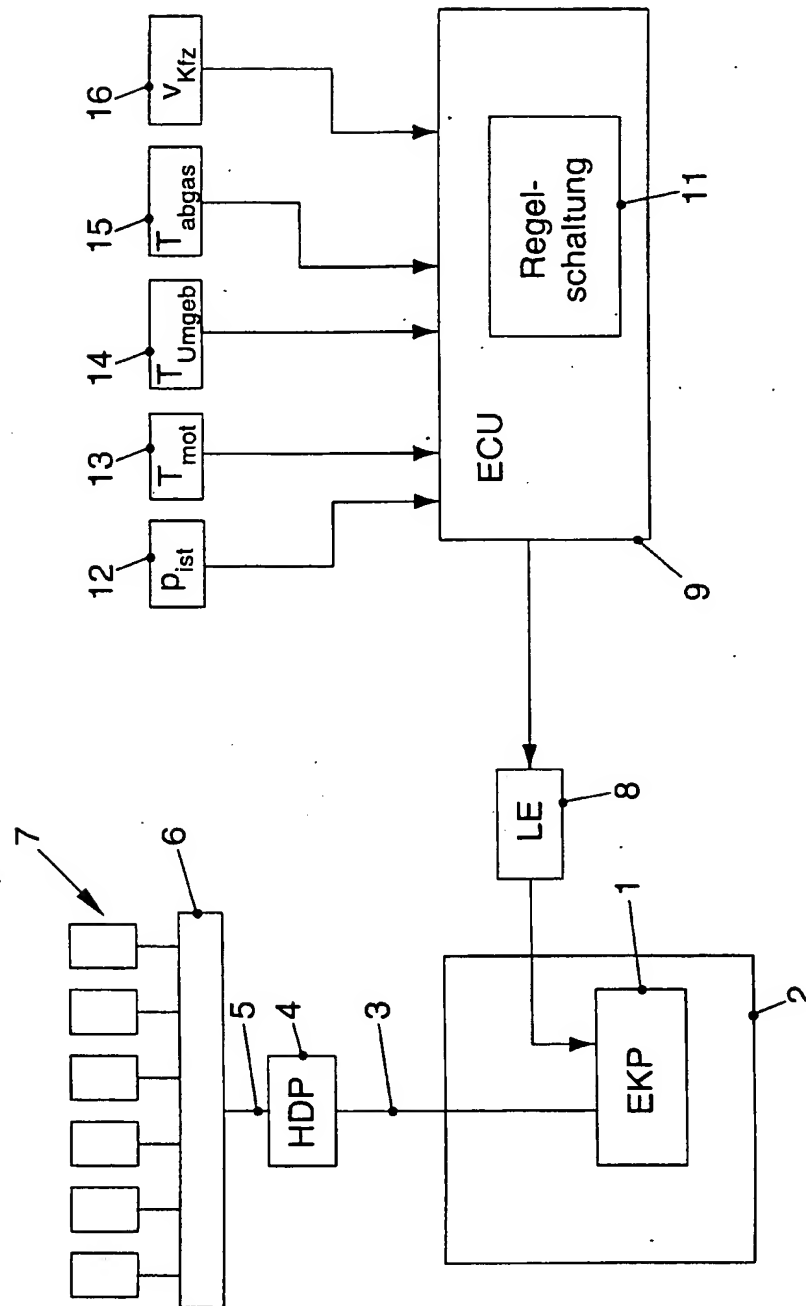


FIG. 1

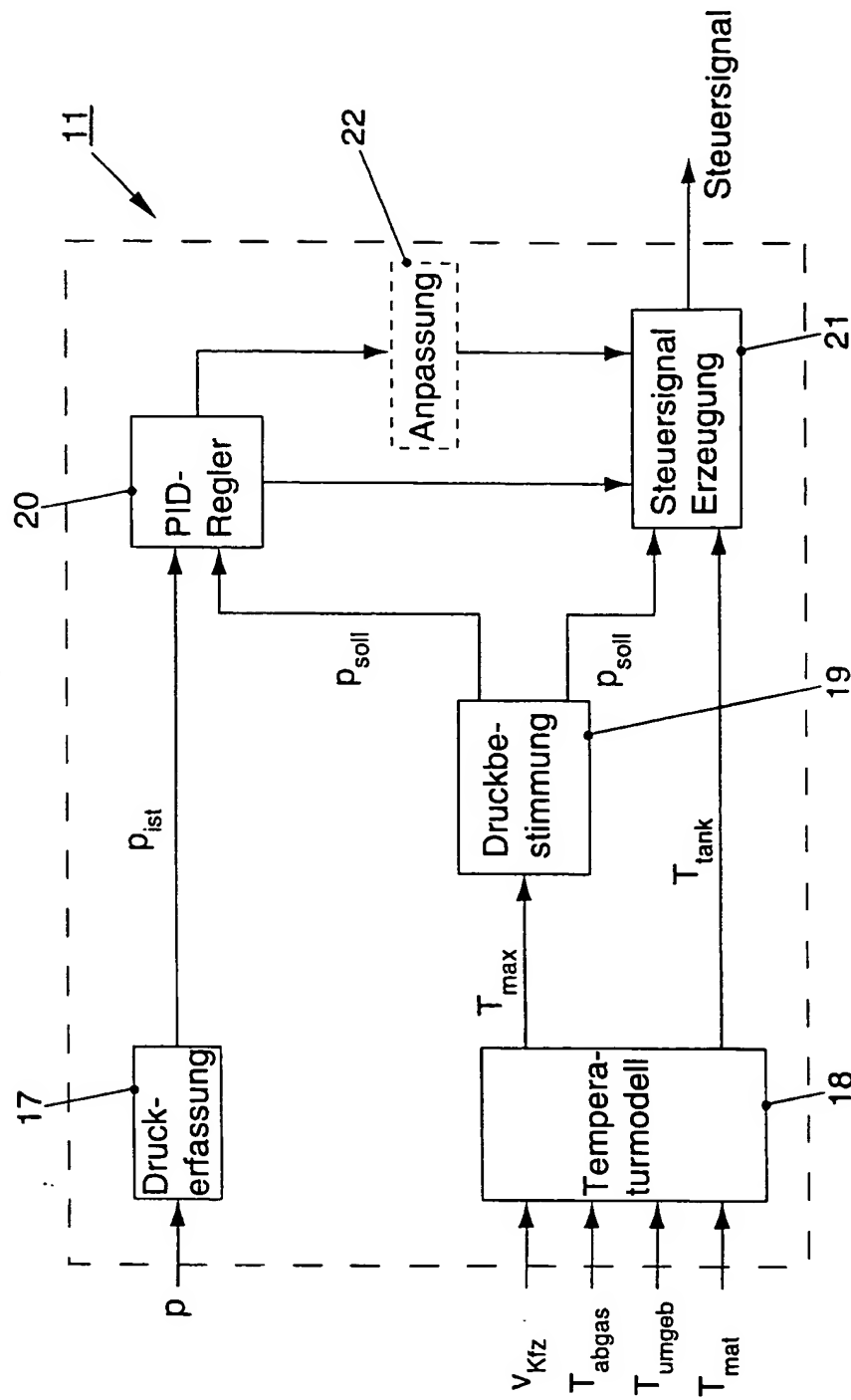


FIG. 2